

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-191199

(P2001-191199A)

(43)公開日 平成13年7月17日(2001.7.17)

(51)Int.Cl.

識別記号

F I

テマコード(参考)

B 3 0 B 11/00

B 3 0 B 11/00

A 5 E 0 6 2

H 0 1 F 41/02

H 0 1 F 41/02

F

G

審査請求 未請求 請求項の数15 OL (全 10 頁)

(21)出願番号

特願平11-374096

(22)出願日

平成11年12月28日(1999.12.28)

(71)出願人 000183417

住友特殊金属株式会社

大阪府大阪市中央区北浜4丁目7番19号

(72)発明者 山下 治

大阪府三島郡島本町江川2丁目15番17号

住友特殊金属株式会社山崎製作所内

(72)発明者 横田 顕

大阪府三島郡島本町江川2丁目15番17号

住友特殊金属株式会社山崎製作所内

(74)代理人 100101351

弁理士 辰巳 忠宏

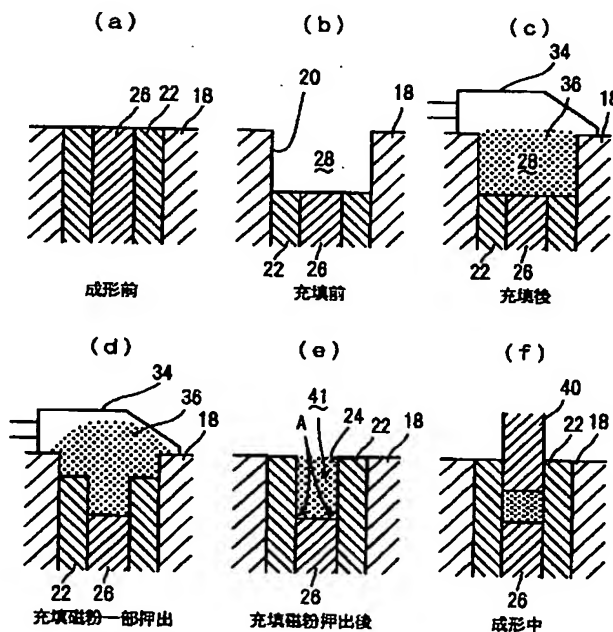
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 成形装置、磁粉供給方法および希土類磁石

(57)【要約】

【課題】 磁粉をムラなく充填できる成形装置、磁粉供給方法、およびその磁粉供給方法を用いて得られる希土類磁石を提供する。

【解決手段】 ダイ18の100mm<sup>2</sup>以上の貫通孔20内に、開口面積が50mm<sup>2</sup>以下の貫通孔24を有する充填パンチ22を昇降可能に挿入する。貫通孔24内に下パンチ26を挿入し、貫通孔20内にキャビティ28を形成する。キャビティ28内にR-Fe-B系合金粉末および潤滑剤を含む磁粉36を給粉箱34から重力落下によって供給する。磁粉36はストリップキャスト法によって製造されている。その後、充填パンチ22を上昇させて、貫通孔24内に形成されるキャビティ41内に充填された磁粉36に対して0.5MA/m以上の配向磁界を発生させる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 第 1 貫通孔を有するダイ、

開口面積が  $50\text{ mm}^2$  以下の第 2 貫通孔を有しかつ前記第 1 貫通孔内に昇降可能に挿入される充填パンチ、前記第 2 貫通孔内に挿入され、少なくとも前記ダイおよび前記充填パンチとともに前記第 1 貫通孔内に第 1 キャビティを形成する下パンチ、前記第 1 キャビティ内に磁粉を供給する粉末供給手段、および前記第 2 貫通孔内に形成されかつ 3 つの平面からなる隅部を有する第 2 キャビティ内に充填された前記磁粉に対して配向磁界を発生させる磁界発生手段を備える成形装置。

【請求項 2】 第 1 貫通孔を有するダイ、

開口面積が  $50\text{ mm}^2$  以下の第 2 貫通孔を有しかつ前記第 1 貫通孔内に昇降可能に挿入される充填パンチ、前記第 2 貫通孔内に挿入され、少なくとも前記ダイおよび前記充填パンチとともに前記第 1 貫通孔内に第 1 キャビティを形成する下パンチ、前記第 1 キャビティ内に R-F e-B 系合金粉末を含む磁粉を供給する粉末供給手段、および前記第 2 貫通孔内に形成される第 2 キャビティ内に充填された前記磁粉に対して配向磁界を発生させる磁界発生手段を備える成形装置。

【請求項 3】 前記粉末供給手段は前記第 1 キャビティ内に前記磁粉を重力落下によって供給する、請求項 1 または 2 に記載の成形装置。

【請求項 4】 前記配向磁界は  $0.5\text{ MA/m}$  以上である、請求項 1 ないし 3 のいずれかに記載の成形装置。

【請求項 5】 前記第 1 貫通孔の開口面積は  $100\text{ mm}^2$  以上である、請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の成形装置。

【請求項 6】 前記磁粉はストリップキャスト法により製造されたものである、請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の成形装置。

【請求項 7】 前記磁粉には潤滑剤が添加されている、請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載の成形装置。

【請求項 8】 第 1 貫通孔を有するダイと、開口面積が  $50\text{ mm}^2$  以下の第 2 貫通孔を有しかつ前記第 1 貫通孔内に昇降可能に挿入される充填パンチと、前記第 2 貫通孔内に挿入される下パンチとを用いる磁粉供給方法であって、前記充填パンチの上面が前記下パンチの上面に対して面一または低くなるように前記充填パンチが配置されて、前記第 1 貫通孔内に第 1 キャビティが形成される第 1 ステップ、前記第 1 キャビティ内に磁粉が供給される第 2 ステップ、前記充填パンチの上面が前記下パンチの上面より高くなるように前記充填パンチを上昇させて、前記第 2 貫通孔内に 3 つの平面からなる隅部を有する第 2 キャビティが

形成される第 3 ステップ、および前記第 2 キャビティ内に充填された前記磁粉に対して配向磁界を発生させる第 4 ステップを備える磁粉供給方法。

【請求項 9】 第 1 貫通孔を有するダイと、開口面積が  $50\text{ mm}^2$  以下の第 2 貫通孔を有しかつ前記第 1 貫通孔内に昇降可能に挿入される充填パンチと、前記第 2 貫通孔内に挿入される下パンチとを用いる磁粉供給方法であって、

前記充填パンチの上面が前記下パンチの上面に対して面一または低くなるように前記充填パンチが配置されて、前記第 1 貫通孔内に第 1 キャビティが形成される第 1 ステップ、

前記第 1 キャビティ内に R-F e-B 系合金粉末を含む磁粉が供給される第 2 ステップ、

前記充填パンチの上面が前記下パンチの上面より高くなるように前記充填パンチを上昇させて、前記第 2 貫通孔内に第 2 キャビティが形成される第 3 ステップ、および前記第 2 キャビティ内に充填された前記磁粉に対して配向磁界を発生させる第 4 ステップを備える磁粉供給方法。

【請求項 10】 前記第 2 ステップでは、重力落下によって前記第 1 キャビティ内に前記磁粉が供給される、請求項 8 または 9 に記載の磁粉供給方法。

【請求項 11】 前記配向磁界は  $0.5\text{ MA/m}$  以上である、請求項 8 ないし 10 のいずれかに記載の磁粉供給方法。

【請求項 12】 前記第 1 貫通孔の開口面積は  $100\text{ mm}^2$  以上である、請求項 8 ないし 11 のいずれかに記載の磁粉供給方法。

【請求項 13】 前記磁粉はストリップキャスト法によって製造されたものである、請求項 8 ないし 12 のいずれかに記載の磁粉供給方法。

【請求項 14】 前記磁粉には潤滑剤が添加されている、請求項 8 ないし 13 のいずれかに記載の磁粉供給方法。

【請求項 15】 請求項 8 ないし 14 のいずれかに記載の磁粉供給方法を用いて製造される、希土類磁石。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は、成形装置、磁粉供給方法および希土類磁石に関し、より特定的には、希土類磁石等の小型部品を粉末冶金法によって製造するための成形装置、磁粉供給方法、およびその磁粉供給方法を用いて得られる希土類磁石に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来より希土類磁石等の成形工程には、キャビティ内の磁粉に配向磁界を与える工程が含まれており、その影響を受けて、金型や粉末供給装置内の磁粉が弱いながらも磁化されてしまう。また、圧縮時の磁粉の流動性と配向性を高め、高い磁気特性を得るために、

磁粉には脂肪酸エステル等の潤滑剤が添加されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】このため、開口面積が50mm<sup>2</sup>以下のキャビティ内に磁粉を充填しようとすると、キャビティの開口部でブリッジを起こし磁粉を充填できない。また、磁粉を充填できたとしても、充填密度にばらつきが生じてしまう。そこで、さらにバインダを添加して磁粉を造粒することによって、表面積を減少させ流動性を向上させることが行われている。しかし、バインダは有機物であるため、希土類磁石の場合にはカーボンと酸素とが増加して磁気特性を劣化させる。また、バインダを添加する工程がさらに必要となり、工程が増加し生産性を低下させるという問題があり、有効な対策とはいえない。

【0004】一方、金型の狭隙部に原料粉末を充填する従来技術が、特開昭54-134886号公報に開示されている。しかし、この公報の第1図に示す技術では、ダイス2と可動パンチ5とによって形成される隅部や、固定パンチ4と可動パンチ5とによって形成される隅部に粉末の充填ムラを生じるおそれがある。また、この公報の第2図に示す技術では、ダイス2と固定パンチ4とによって形成される隅部に粉末の充填ムラを生じるおそれがある。特に、キャビティが角形状すなわち3平面からなる隅部を有する場合には粉末の充填ムラが生じやすくなる。また、粉末がR-Fe-B系合金粉末である場合も充填ムラが生じやすくなる。

【0005】それゆえに、この発明の主たる目的は、磁粉をムラなく充填できる成形装置、磁粉供給方法、およびその磁粉供給方法を用いて得られる希土類磁石を提供することである。

【0006】

【課題を解決するための手段】上述の目的を達成するために、請求項1に記載の成形装置は、第1貫通孔を有するダイ、開口面積が50mm<sup>2</sup>以下の第2貫通孔を有しかつ第1貫通孔内に昇降可能に挿入される充填パンチ、第2貫通孔内に挿入され、少なくともダイおよび充填パンチとともに第1貫通孔内に第1キャビティを形成する下パンチ、第1キャビティ内に磁粉を供給する粉末供給手段、および第2貫通孔内に形成されかつ3つの平面からなる隅部を有する第2キャビティ内に充填された磁粉に対して配向磁界を発生させる磁界発生手段を備える。

【0007】請求項2に記載の成形装置は、第1貫通孔を有するダイ、開口面積が50mm<sup>2</sup>以下の第2貫通孔を有しかつ第1貫通孔内に昇降可能に挿入される充填パンチ、第2貫通孔内に挿入され、少なくともダイおよび充填パンチとともに第1貫通孔内に第1キャビティを形成する下パンチ、第1キャビティ内にR-Fe-B系合金粉末を含む磁粉を供給する粉末供給手段、および第2貫通孔内に形成される第2キャビティ内に充填された磁粉に対して配向磁界を発生させる磁界発生手段を備え

る。

【0008】請求項3に記載の成形装置は、請求項1または2に記載の成形装置において、粉末供給手段は第1キャビティ内に磁粉を重力落下によって供給するものである。請求項4に記載の成形装置は、請求項1ないし3のいずれかに記載の成形装置において、配向磁界は0.5MA/m以上であるものである。請求項5に記載の成形装置は、請求項1ないし4のいずれかに記載の成形装置において、第1貫通孔の開口面積は100mm<sup>2</sup>以上であるものである。

【0009】請求項6に記載の成形装置は、請求項1ないし5のいずれかに記載の成形装置において、磁粉はストリップキャスト法により製造されたものである。請求項7に記載の成形装置は、請求項1ないし6のいずれかに記載の成形装置において、磁粉には潤滑剤が添加されているものである。

【0010】請求項8に記載の磁粉供給方法は、第1貫通孔を有するダイと、開口面積が50mm<sup>2</sup>以下の第2貫通孔を有しかつ第1貫通孔内に昇降可能に挿入される充填パンチと、第2貫通孔内に挿入される下パンチとを用いる磁粉供給方法であって、充填パンチの上面が下パンチの上面に対して面一または低くなるように充填パンチが配置されて、第1貫通孔内に第1キャビティが形成される第1ステップ、第1キャビティ内に磁粉が供給される第2ステップ、充填パンチの上面が下パンチの上面より高くなるように充填パンチを上昇させて、第2貫通孔内に3つの平面からなる隅部を有する第2キャビティが形成される第3ステップ、および第2キャビティ内に充填された磁粉に対して配向磁界を発生させる第4ステップを備える。

【0011】請求項9に記載の磁粉供給方法は、第1貫通孔を有するダイと、開口面積が50mm<sup>2</sup>以下の第2貫通孔を有しかつ第1貫通孔内に昇降可能に挿入される充填パンチと、第2貫通孔内に挿入される下パンチとを用いる磁粉供給方法であって、充填パンチの上面が下パンチの上面に対して面一または低くなるように充填パンチが配置されて、第1貫通孔内に第1キャビティが形成される第1ステップ、第1キャビティ内にR-Fe-B系合金粉末を含む磁粉が供給される第2ステップ、充填パンチの上面が下パンチの上面より高くなるように充填パンチを上昇させて、第2貫通孔内に第2キャビティが形成される第3ステップ、および第2キャビティ内に充填された磁粉に対して配向磁界を発生させる第4ステップを備える。

【0012】請求項10に記載の磁粉供給方法は、請求項8または9に記載の磁粉供給方法において、第2ステップでは、重力落下によって第1キャビティ内に磁粉が供給されるものである。請求項11に記載の磁粉供給方法は、請求項8ないし10のいずれかに記載の磁粉供給方法において、配向磁界は0.5MA/m以上であるも

のである。請求項12に記載の磁粉供給方法は、請求項8ないし11のいずれかに記載の磁粉供給方法において、第1貫通孔の開口面積は $100\text{mm}^2$ 以上であるものである。

【0013】請求項13に記載の磁粉供給方法は、請求項8ないし12のいずれかに記載の磁粉供給方法において、磁粉はストリップキャスト法によって製造されたものである。請求項14に記載の磁粉供給方法は、請求項8ないし13のいずれかに記載の磁粉供給方法において、磁粉には潤滑剤が添加されているものである。請求項15に記載の希土類磁石は、請求項8ないし14のいずれかに記載の磁粉供給方法を用いて製造されるものである。

【0014】請求項1に記載の成形装置では、ダイと下パンチとの間に充填パンチを介挿することによって、充填前には少なくともダイ、充填パンチおよび下パンチによって、開口面積の大きな第1キャビティが形成される。すなわち、充填時におけるキャビティの開口面積を実質的に増加させることができる。したがって、第1キャビティ内に磁粉を容易に供給できる。給粉後、充填パンチを上昇させ、充填パンチの第2貫通孔内に開口面積が $50\text{mm}^2$ 以下という小さな第2キャビティが形成される。この第2キャビティが、圧縮成形するためのキャビティとなる。このように、給粉後に充填パンチを上昇させて不要な磁粉を押し上げることによって、ブリッジが発生しやすい開口面積の小さな第2キャビティ内に、磁粉を充填ムラなく均一な充填密度で供給できる。また、3つの平面からなる隅部の充填ムラをも抑制できる。請求項8に記載の磁粉供給方法についても同様である。

【0015】請求項2に記載の成形装置において磁粉に含まれるR-F-e-B系合金粉末は粉砕後に異形状になってしまうので、流動性が特に悪く充填しにくい。しかし、請求項2に記載の成形装置は請求項1に記載の成形装置と同様の作用、効果を有するので、R-F-e-B系合金粉末を有する磁粉であっても、第2キャビティ内に充填ムラなく均一な充填密度で供給できる。請求項9に記載の磁粉供給方法についても同様である。

【0016】請求項3に記載するように、比較的充填ムラが生じやすい重力落下によって、キャビティ内に磁粉を供給する場合であっても、充填ムラをなくすることができる。請求項10に記載の磁粉供給方法についても同様である。請求項4に記載するように、第2キャビティ内の磁粉に対して $0.5\text{MA/m}$ 以上の配向磁界を発生させればダイや磁粉は磁化されやすいが、この場合であっても充填ムラをなくすることができる。請求項11に記載の磁粉供給方法についても同様である。請求項5に記載するように、第1貫通孔の開口面積が $100\text{mm}^2$ 以上あれば、流動性の悪い磁粉でも密度ばらつきなく充填できる。また、第1貫通孔内に挿入される充填パンチの厚

みを確保できるので、充填パンチの割れを防止できる。請求項12に記載の磁粉供給方法についても同様である。

【0017】請求項6に記載するように、ストリップキャスト法によって製造された磁粉は長細いものが多く、かつ粒度分布がシャープであり、流動性が悪いが、そのような磁粉であっても充填ムラをなくすることができる。請求項13に記載の磁粉供給方法についても同様である。請求項7に記載するように、潤滑剤が添加された磁粉は、圧縮時の流動性が向上するものの、粘性を帯びるため充填時の流動性が悪くブリッジを起こしやすいが、そのような磁粉であっても充填ムラをなくすることができる。請求項14に記載の磁粉供給方法についても同様である。請求項15に記載するように、上述の磁粉供給方法を用いれば、磁気特性の高い希土類磁石が得られる。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して、この発明の実施形態について説明する。図1を参照して、この発明の一実施形態の成形装置10は磁性体からなる筐体12を含む。筐体12の内側面には一对のヨーク14aおよび14bが対向するように形成され、ヨーク14aおよび14bにはそれぞれコイル16aおよび16bが取り巻くように配置される。コイル16aおよび16bに通電することによって、筐体12内を通る磁界が発生し、ヨーク14aおよび14bによって磁束がキャビティ41（後述）近傍に集められる。

【0019】ヨーク14aおよび14b間には、図2にも示すように、非磁性体もしくは弱磁性体からなるダイ18が設けられる。ダイ18には上下方向に延びるたとえば断面角形の複数（この実施の形態では12個）の貫通孔20が形成される。貫通孔20の開口面積は $100\text{mm}^2$ 以上でありかつ $900\text{mm}^2$ 以下に設定される。貫通孔20の開口面積が $100\text{mm}^2$ 以上であれば、流動性の悪い磁粉36（後述）でも密度ばらつきなく充填できる。また、貫通孔20内に挿入される充填パンチ22の厚みを確保できるので、充填パンチ22の割れを防止できる。一方、充填パンチ22の厚みが大き過ぎると多数個取りするときに、1つのダイ18に収容できるパンチの個数が減少するため、貫通孔20の開口面積は $900\text{mm}^2$ 以下にすることが望ましい。

【0020】貫通孔20内には、図3(a)に示すような充填パンチ22が昇降可能に嵌入される。充填パンチ22は上下方向に延びるたとえば断面角形の貫通孔24を有する。貫通孔24の開口面積が $50\text{mm}^2$ 以下のとき、この発明はより効果的である。貫通孔24内には、図3(b)に示すようなたとえば角柱状の下パンチ26が、下方から嵌入自在に配置される。充填パンチ22および下パンチ26は、それぞれ図示しないシリンダの上面に取り付けられる。したがって、シリンダによって充填パンチ22および下パンチ26は、それぞれ独立して

上下方向に往復動可能となる。

【0021】ダイ 18 の貫通孔 20 の内周面、充填パンチ 22 および下パンチ 26 によって、貫通孔 20 内に任意の容積のキャビティ 28 が形成される。ヨーク 14 a および 14 b 間にはダイ 18 を挟んでダイセット 30 a および 30 b が配置される。また、ダイ 20、ダイセット 30 a および 30 b を挟みかつ配向方向と直交するようにベースプレート 32 a および 32 b が配置される。ここで、ダイ 18、ダイセット 30 a、30 b、ベースプレート 32 a および 32 b のそれぞれの上面は面一とされる。

【0022】また、ベースプレート 32 a 上には、底部に開口を有する給粉箱 34 が配置される。給粉箱 34 内には、図示しない給粉機から供給されるたとえば R-F e-B 系合金粉末を含む磁粉 36 が収納される。図 2 に示すように、給粉箱 34 には駆動棒 38 が接続される。駆動棒 38 は図示しないモータまたはシリンダ等に接続される。したがって、このモータまたはシリンダ等によって給粉箱 34 がベースプレート 32 a およびダイ 18 上を水平方向にスライドされる。給粉箱 34 内の磁粉 36 はダイ 18 上ではダイ 18 上面と接しており、給粉箱 34 がキャビティ 28 の上方に位置すると、キャビティ 28 内に給粉箱 34 の磁粉 36 が重力落下によって充填される。

【0023】ここで用いられる磁粉 36 は、たとえばストリップキャスト法によって以下のようにして製造される。まず、Nd+Pr (30.0 質量%) - Dy (1.0 質量%) - B (1.0 質量%) - Fe (残部) の組成を有する合金の溶湯が高周波溶解炉によって作製される。この溶湯がロール式ストリップキャスターを用いて冷却され、厚さ数 mm 程度の薄板状鋳片 (フレーク状合金) が作製される。

【0024】つぎに、フレーク状合金が水素炉内に収容される。その炉内に窒素ガスを数分~数十分流することによって空気と置換された後、水素脆化を行うために炉内に水素ガスが 2 時間供給される。炉内の水素分圧は 200 kPa とされる。フレーク状合金が水素吸蔵による自然崩壊を起こした後、脱水素処理が施される。そして、炉内にアルゴンガスが導入され、室温まで冷却される。合金温度が 20℃ まで冷却された時点で水素炉から粗粉碎粉が取り出される。そして、ジェットミルによって粗粉碎粉が微粉碎され、平均粒径が 3.5 μm の微粉碎粉が作製される。なお、「平均粒径」とは、質量中位径 (メジアン径) を指すものとする。その後、ロッキングミキサを用い、上記の微粉碎粉に対して 0.4 質量% の液体潤滑剤が添加される。この潤滑剤はカブロン酸メチルを主成分とする。このようにして、磁粉 36 が製造される。

【0025】図 1 に戻って、貫通孔 20 の上方には、充填パンチ 22 の貫通孔 24 に嵌入自在な上パンチ 40 が

配置される。上パンチ 40 は図示しないシリンダの下面にたとえばねじ等によって取り付けられ、シリンダによって上パンチ 40 は上下方向に往復動可能となる。したがって、給粉後、キャビティ 41 (図 4 (e) 参照) 上から給粉箱 34 が退去された後、上パンチ 40 を貫通孔 24 内に没入させて下パンチ 26 との間で磁粉 36 が圧縮され、成形体を得られる。なお、上パンチ 40 は、各貫通孔 24 に対応するように複数個 (この実施の形態では 12 個) 設けられ、同時に複数のプレスが可能となる。上パンチ 40 は、配向磁場に影響を及ぼさないように、たとえば非磁性超硬材料などの非磁性体によって構成される。

【0026】このような成形装置 10 の動作について、図 4 を参照して説明する。まず最初は、成形装置 10 は前回のプレス動作を終了したときと同じ状態にあり、図 4 (a) に示すように、充填パンチ 22 および下パンチ 26 はそれぞれの上面がダイ 18 の上面と面一となる位置にあり、上パンチ 40 は上昇端に位置している。

【0027】ついで、図 4 (b) に示すように、充填パンチ 22 および下パンチ 26 が所定の位置まで下降し、貫通孔 20 内の上部にキャビティ 28 が形成される。このとき、充填パンチ 22 および下パンチ 26 のそれぞれの上面は面一に保たれる。なお、充填パンチ 22 の上面は上パンチ 26 の上面より下に位置していてもよい。

【0028】そして、図 4 (c) に示すように、給粉箱 34 が貫通孔 20 すなわちキャビティ 28 上に位置するまでスライドし、キャビティ 28 内に磁粉 36 が充填される。このとき、キャビティ 28 の開口は大きいので、磁粉 36 が容易にムラなく充填される。磁粉 36 の充填を終えると、図 4 (d) に示すように、給粉箱 34 がキャビティ 28 上に位置する状態で充填パンチ 22 が上昇し、不要な磁粉 36 が給粉箱 34 内に押し出される。充填パンチ 22 の上面がダイ 18 の上面と面一になると、図 4 (e) に示すように、充填パンチ 22 の貫通孔 24 内には所望のキャビティ 41 が形成され、給粉箱 34 は、その底面で磁性粉体 36 をすり切りながらキャビティ 41 上から退避する。このようにして、磁粉 36 をムラなく充填でき、充填パンチ 22 と下パンチ 26 とによって形成される隅部、特に、充填パンチ 22 の貫通孔 24 の隣接する任意の 2 つの内周面 22 a と下パンチ 26 の上面 26 a (ともに図 3 参照) とによって、貫通孔 24 内に形成される隅部 A の充填ムラも抑制できる。

【0029】そして、上パンチ 40 が下降し、上パンチ 40 によってキャビティ 41 の上面が蓋された時点で、配向磁界が印加され、その後、図 4 (f) に示すように、上パンチ 40 がさらに下降し、上パンチ 40 と下パンチ 26 との間で磁粉 36 が圧縮成形される。そして、圧縮成形が終了すると、配向方向とは逆の磁界が印加されて成形体が脱磁される。その後、上パンチ 40 が上昇するとともに下パンチ 26 が上昇して、充填パンチ 22

の貫通孔24から成形体が押し出されて取り出されることによって、プレス動作が終了する。この動作によって、図5に示すような角状の磁気特性の高い希土類磁石42が得られる。

【0030】このような成形装置10によれば、ダイ18と下パンチ26との間に充填パンチ22を介挿することによって、開口面積の大きなキャビティ28内に磁粉36を容易に供給できる。給粉後、充填パンチ22を上昇させ不要な磁粉36を押し上げることによって、所望のキャビティ41内に磁粉36を充填ムラなく均一な充填密度で供給できる。磁粉36がストリップキャスト法によって製造され、また、磁粉36にR-Fe-B系合金粉末や潤滑剤が含まれていても、磁粉36をキャビティ41内に充填ムラなく均一な充填密度で供給できる。

【0031】また、重力落下によってキャビティ28内に磁粉36を供給したり、キャビティ41内の磁粉36に対して0.5MA/m以上の配向磁界を発生させても、充填ムラをなくすることができる。したがって、プレ

実験データ

No.	貫通孔24の開口面積 $\text{mm}^2$	充填パンチの有無	磁界強度(MA/m)	焼結温度		焼結体の寸法(mm) n=20				ヒビ、割れ	
				温度(K)	時間(hr)	高さ		径		成形体	焼結体
						x	3 $\sigma$	x	3 $\sigma$		
1	81	無	0.8	1393	4	3.75	0.095	1.95	0.034	0	0
2	64	無	0.8	1393	4	3.62	0.130	1.86	0.046	0	1
3	49	無	0.8	1393	4	3.43	0.322	1.78	0.115	2	5
4	49	有	0.8	1393	4	3.81	0.073	1.99	0.028	0	0
5	36	無	0.8	1393	4	3.32	0.581	1.73	0.208	5	10
6	36	有	0.8	1393	4	3.82	0.076	1.98	0.027	0	0
7	25	無	0.8	1393	4	---	---	---	---	充填不可	---
8	25	有	0.8	1393	4	3.81	0.078	1.99	0.028	0	0

【0034】表1に示すように、充填パンチ22がない場合には、充填パンチ22の貫通孔24の開口面積が64 $\text{mm}^2$ の場合には1個の焼結体にヒビが発生し、貫通孔24の開口面積が49 $\text{mm}^2$ の場合には、2個の成形体にヒビ、5個の焼結体に割れが発生した。また、貫通孔24の開口面積が36 $\text{mm}^2$ の場合には、5個の成形体にヒビ、10個の焼結体に割れが発生し、さらに、貫通孔24の開口面積が25 $\text{mm}^2$ の場合には磁粉36を充填できなかった。一方、充填パンチ22を用いた場合には、貫通孔24の開口面積が25 $\text{mm}^2$ の場合であっても、成形体および焼結体のいずれにもヒビ・割れは発生しなかった。このことから、この発明は、充填パンチ22の貫通孔24の開口面積が50 $\text{mm}^2$ 以下の場合に特に有効であることがわかる。また、表1に示す3 $\sigma$ からもわかるように、充填パンチ22を用いた場合には、焼

ス割れを防止でき、また、焼結後のヒビ・割れを防止できる。

【0032】ついで、成形装置10を用いた場合の実験結果を示す。まず、表1に、充填パンチ22の有無および充填パンチ22の貫通孔24の開口面積と、成形体および焼結体の状態との関係を示す。実験結果は、磁粉36を用いて20個の成形体を形成し、Ar雰囲気中で2時間焼結した場合のものである。なお、ダイ18の貫通孔20の断面形状は正方形とし、充填パンチ22の断面形状も正方形で10mm×10mmの寸法とする。このときの配向磁界は0.8MA/mであり、上パンチ40および下パンチ26による押圧方向と垂直な方向に印加した。また、この実験において、「充填パンチなし」とは、図4(b)に示すように、充填パンチ22の上面がダイ18の上面と面一となるように充填パンチ22を固定した状態をいう。

【0033】

【表1】

結体の寸法のバラツキが小さくなり、寸法精度が向上する。

【0035】したがって、充填パンチ22を用いれば、小さな成形体および焼結体を製造する場合であっても、磁粉36をムラなく充填できる。その結果、得られる成形体および焼結体をさらに外周加工する必要がないので、粒界相が破壊されず、小型であっても高品質の製品が得られる。また、生産性も向上する。

【0036】ついで、他の実験結果として、表2に、充填パンチ22の貫通孔24の開口面積およびダイ18の貫通孔20の開口面積と、成形体および焼結体の状態との関係を示す。なお、磁粉36および配向磁界等は上記実験例と同様であり、貫通孔20および24のそれぞれの断面形状は正方形とした。

【0037】



【表2】

実験データ

No.	貫通孔24の開口面積 mm <sup>2</sup>	貫通孔20の開口面積 mm <sup>2</sup>	磁界強度 (kA/m)	焼結温度		焼結体の寸法(mm) n=20				ヒビ、割れ	
				温度 (K)	時間 (hr)	高さ		径		成形体	焼結体
						x	3σ	x	3σ		
1	49	81	0.8	1393	4	3.85	0.063	2.00	0.023	0	1
2	49	100	0.8	1393	4	3.92	0.054	2.04	0.020	0	0
3	49	121	0.8	1393	4	3.99	0.048	2.07	0.018	0	0
4	36	81	0.8	1393	4	3.78	0.073	1.96	0.026	0	1
5	36	100	0.8	1393	4	3.83	0.065	1.99	0.024	0	0
6	36	121	0.8	1393	4	3.87	0.055	2.01	0.020	0	0
7	25	81	0.8	1393	4	3.72	0.086	1.93	0.031	0	2
8	25	100	0.8	1393	4	3.78	0.071	1.96	0.026	0	0
9	25	121	0.8	1393	4	3.97	0.058	2.06	0.021	0	0

【0038】表2に示すように、貫通孔20の開口面積が81mm<sup>2</sup>の場合には、No. 1では1個の焼結体、No. 4でも1個の焼結体、No. 7では2個の焼結体にそれぞれヒビが発生した。一方、貫通孔20の開口面積が100mm<sup>2</sup>以上の場合にはヒビ・割れは生じなかった。このことから、この発明は、ダイ18の貫通孔20の開口面積が100mm<sup>2</sup>以上の場合に効果が大いことがわかる。

【0039】また、ダイ18の貫通孔20には、図6(a)～(d)にそれぞれ示すような充填パンチ43、下パンチ44、下パンチ46およびコアパンチ48のセットが嵌入されてもよい。図6(a)に示すように、充填パンチ43は、角柱状に形成されかつ断面角形の貫通孔50を有する。貫通孔50内には、図6(b)に示すように、角柱状に形成されかつ断面角形の貫通孔52を有する下パンチ44が嵌入される。さらに、貫通孔52内には、図6(c)に示すように、角柱状に形成されかつ断面角形の貫通孔54を有する下パンチ46が嵌入される。貫通孔54内には、図6(d)に示すような角棒状のコアパンチ48が嵌入される。

【0040】このような充填パンチ43、下パンチ44、下パンチ46およびコアパンチ48を用いた場合の成形動作について、図7を参照して説明する。まず最初は、成形装置10は前回のプレス動作を終了したときと同じ状態にあり、図7(a)に示すように、充填パンチ43、下パンチ44、下パンチ46およびコアパンチ48はそれぞれの上面がダイ18の上面と面一となる位置にあり、上パンチ56(後述)は上昇端に位置している。

【0041】ついで、図7(b)に示すように、充填パ

ンチ43、下パンチ44、下パンチ46およびコアパンチ48が所定の位置まで下降し、貫通孔20内の上部に、キャビティ54が形成される。このとき、各パンチのそれぞれの上面は面一に保たれる。なお、充填パンチ43の上面は下パンチ44の上面より下に位置していてもよい。

【0042】そして、図7(c)に示すように、給粉箱34が貫通孔20すなわちキャビティ54上に位置するまでスライドし、キャビティ54内に磁粉36が充填される。このとき、キャビティ54の開口は大きいので、磁粉36はムラなく充填される。磁粉36の充填を終えると、図7(d)に示すように、給粉箱34がキャビティ54上に位置する状態で、充填パンチ43、下パンチ44およびコアパンチ48が上昇し、不要な磁粉36が給粉箱34内に押し出される。充填パンチ43およびコアパンチ48のそれぞれの上面がダイ18の上面と面一になると、図7(e)に示すように、充填パンチ43の貫通孔50内には所望のキャビティ55が形成され、給粉箱34は、その底面で磁性粉体36をすり切りながらキャビティ55上から退避する。このようにして、磁粉36をムラなく充填でき、充填パンチ43、下パンチ44、下パンチ46およびコアパンチ46によって形成される隅部の充填ムラも抑制できる。

【0043】そして、角柱状に形成されかつ断面角形の中空部を有する上パンチ56が下降し、上パンチ56によってキャビティ55の上面が蓋された時点で、配向磁界が印加される。その後、図7(f)に示すように、上パンチ56がさらに下降し、上パンチ56と下パンチ44および下パンチ46との間で磁粉36が圧縮成形される。そして、圧縮成形が終了すると、配向方向とは逆の

磁界が印加されて成形体が脱磁される。その後、上パンチ 56 が上昇するとともに下パンチ 44 および下パンチ 46 が上昇して、成形体が押し出されて取り出されることによって、プレス動作が終了する。この動作によって、図 8 に示すように、断面角形の貫通孔を有するフランジ状の、磁気特性の高い希土類磁石 58 が得られる。図 7 に示すように動作する場合も、図 4 に示すように動作する場合と同様の効果が得られる。

【0044】

【発明の効果】この発明によれば、開口面積の小さな第 10 2 キャビティ内に、磁粉を充填ムラなく均一な充填密度で供給できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】この発明の一実施形態を概略的に示す正面断面図である。

【図 2】図 1 の実施形態の要部を示す斜視図である。

【図 3】図 1 の実施形態で用いられる充填パンチおよび下パンチを示す斜視図である。

【図 4】図 1 の実施形態の動作の一例を示す工程図である。

【図 5】図 4 に示す動作によって得られる希土類磁石の一例を示す斜視図である。

【図 6】充填パンチ、下パンチおよびコアパンチを示す斜視図である。

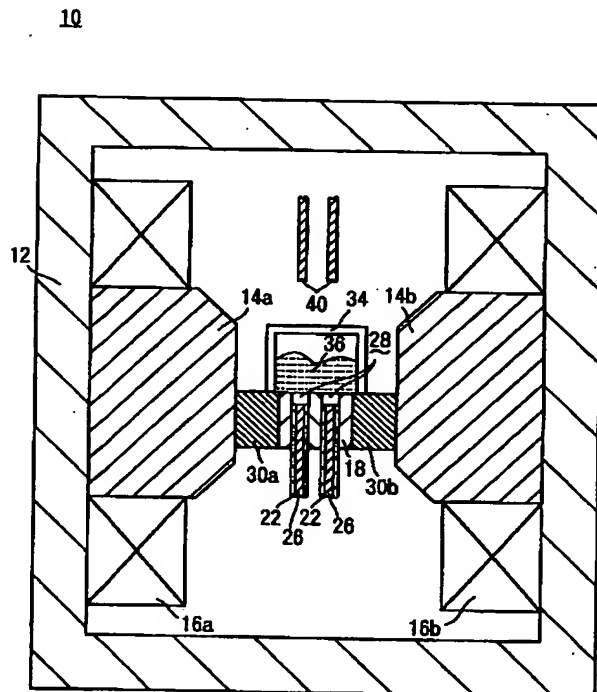
【図 7】図 6 に示す部材を用いた場合の動作の一例を示す工程図である。

【図 8】図 7 に示す動作によって得られる希土類磁石の一例を示す斜視図である。

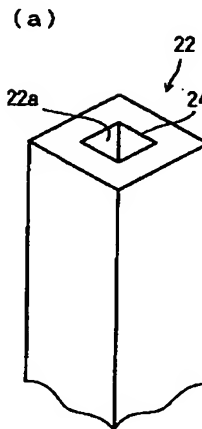
【符号の説明】

10	成形装置
14 a、14 b	ヨーク
16 a、16 b	コイル
18	ダイ
20、24、50、52、54	貫通孔
22、43	充填パンチ
26、44、46	下パンチ
28、41、54、55	キャビティ
32 a、32 b	ベースプレート
34	給粉箱
36	磁粉
40、56	上パンチ
42、58	希土類磁石
48	コアパンチ

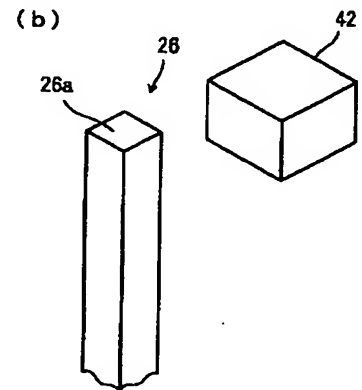
【図 1】



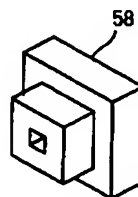
【図 3】



【図 5】

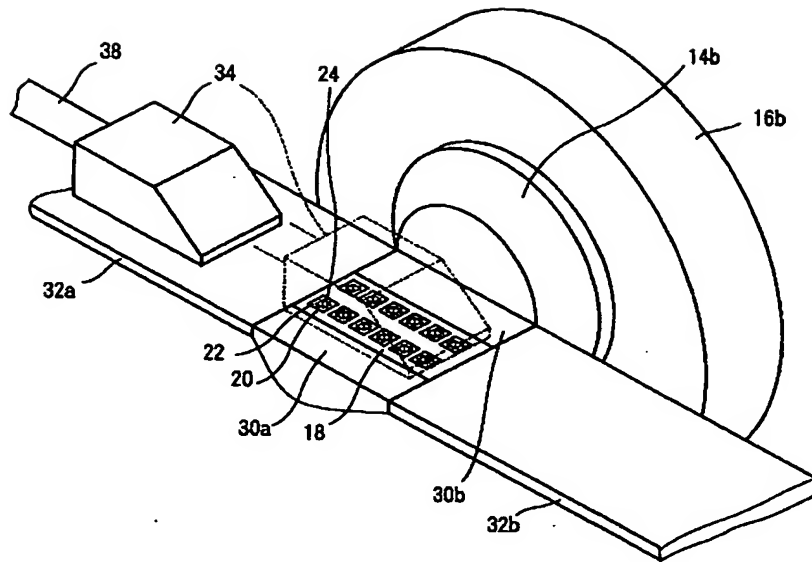


【図 8】

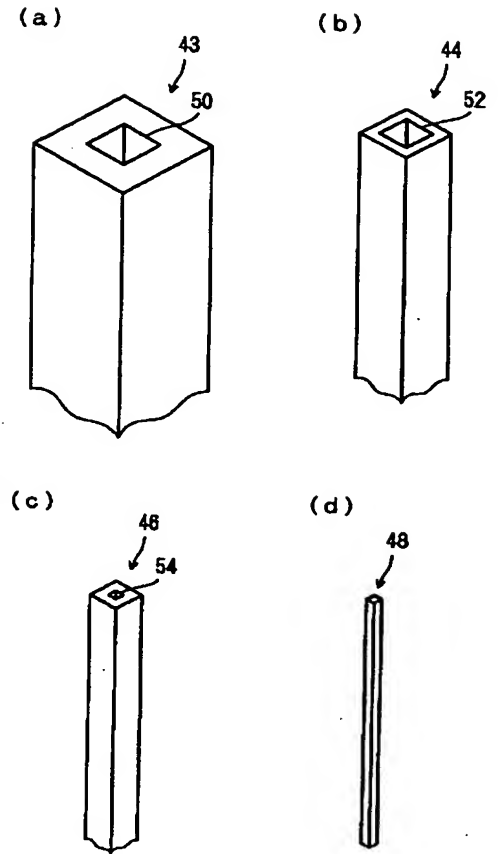




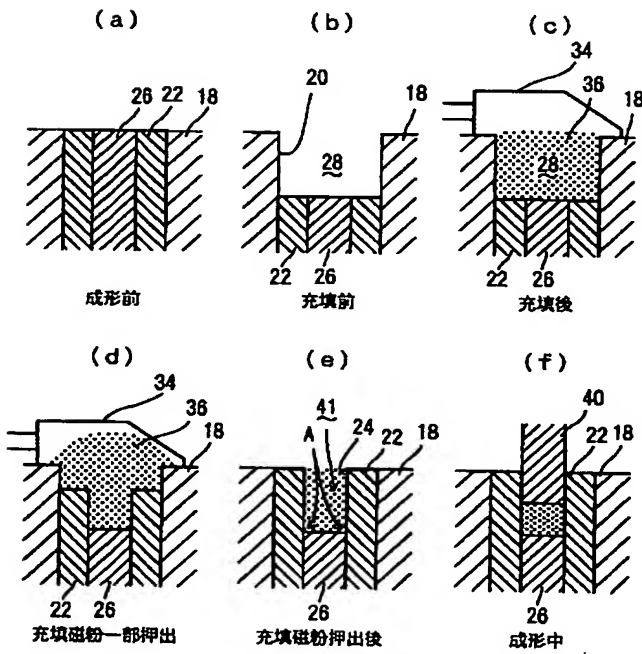
【図 2】



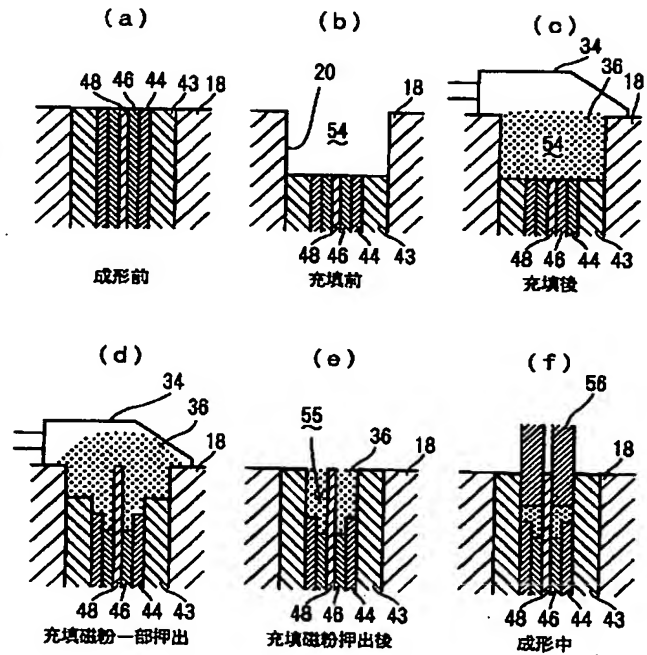
【図 6】



【図 4】



【図 7】



フロントページの続き

(72)発明者 能見 正夫

大阪府三島郡島本町江川 2 丁目15番17号

住友特殊金属株式会社山崎製作所内

F ターム(参考) 5E062 CD04 CE04 CE07 CF05